Journal of Iranian Plant Protection Research
https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 3, 2024, p. 259-273

A report on powdery mildew fungi (Erysiphaceae) of Ardabil province and introduction of some new hosts for Iran

A. Saheli[1], M. Davari[2]*, K. Sharifi[3], M. Bidarlord[4]

1 and 2- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran, respectively.
3- Royan Research Laboratory of Isfahan, Isfahan, Iran
4- Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Guilan, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: mdavari@uma.ac.ir)

Received: 17-03-2024
Revised: 04-06-2024
Accepted: 11-06-2024
Available Online: 28-12-2024

How to cite this article:
Saheli, A., Davari, M., Sharifi, K., & Bidarlord, M. (2024). A report on powdery mildew fungi (Erysiphaceae) of Ardabil province and introduction of some new hosts for Iran. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(3), 259-273. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.87290.1181

Introduction

Powdery mildews belong to the order Erysiphales, class Leotiomycetes, and phylum Ascomycota. These fungi belong to the family Erysiphaceae and cause a fungal disease called powdery mildew in various host plants. The symptoms of powdery mildew are mostly seen as spots or a layer of white, yellow, brown, or gray mycelium (conidiophores) or spherical sexual structures with yellow, brown to black color (chasmothecium). As obligate biotrophs, powdery mildew fungi obtain their nutrients from living cells of their host plants through specialized feeding organs known as the haustoria. The host range of this group of fungi is limited to Angiosperms, and no powdery mildew is known to occur on gymnosperms. The life cycle of most members of the Erysiphaceae family consists of both sexual and asexual stages, and only in a few genera, the asexual stage is not known. The infection usually starts rapidly with conidia on the leaf surface. The conidia of powdery mildew fungi are transferred by wind from infected hosts to other plants and to initiate infection, they germinate on the budding leaves of plants and form appressorium, leading to the formation of haustorium. With more than 7500 plant species and a diverse climate, Iran harbors many plant pathogenic fungal species, including powdery mildew causing fungi. According to the available literature, about 33 species belonging to nine genera, which cause powdery mildew, have been identified and described from Ardabil province. As we know, the major use of land in Ardabil province is for agriculture and pasture. For this reason, fungi belonging to the Erysiphaceae family are important and diverse in this province. Due to limited studies in this area, the fungi causing powdery mildew disease on various plants in some cities of Ardabil province including Ardabil, Parsabad, Khalkhal, Sarein, Meshginshahr, Namin and Nir were investigated and identified in the present study.

Materials and Methods

To study powdery mildew fungi, samples of various crops, landscapes, fruit trees, and forests were collected from some cities of Ardabil province during the years 2021 and 2022. Each sample was given a unique code corresponding to the host. The plant samples were identified with helping of a botanist and using literature related to the flora of Iran. Microscopic slides were prepared from different structures of fungi such as sexual

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.87290.1181

and asexual forms. Morphological characteristics of the samples were measured and recorded to identify the fungus causing the disease via microscopic analyses using an optical microscope. In the case of fresh fungal samples, conidia germination was investigated according to the method described by Cook and Braun (2009). Finally, powdery mildew species were identified using Braun and Cook's (2012) monograph and related literature at the level of genus and species. In addition, microscopic color photos were prepared with helping of a digital camera connected to a Zeiss optical microscope.

Results and Discussion

In recent years in Iran and compared to other important groups of fungi, articles related to fungi have been significant and are increasing more or less. Some recent publications include lists of powdery mildew causing fungi from Iran, but they are often incomplete and limited to regional studies (Khodaparast *et al*., 2002; Tavanaei *et al*., 2005; Pirnia *et al*., 2007). In the past, according to the research conducted in Ardabil province, until today, about 32 species belonging to 9 genera powdery mildew causing fungi have been identified and described (Davari *et al*., 2015). In this research, seven genera and 33 species including *Erysiphe* (13 species), *Golovinomyces* (4 species), *Leveillula* (3 species), *Neoerysiphe* (1 species), *Phyllactinia* (2 species), *Podosphaera* (9 species) and *Sawadaea* (one species) were identified from the Erysiphaceae. *Erysiphe trifoliorum* on clover (*Trifolium tumens*), *Golovinomyces orontii* species complex on ash (*Fraxinus excelsior*) and lettuce (*Lactuca scarioloides*), *G. sonchicola* on prickly sow-thistle (*Sonchus asper*) and *L. taurica* on common vetch (*Vicia sativa*) are reported for the first time from these new hosts from Iran. Also, 11 species on 14 hosts, including *E. capreae*, *E. prunastri*, *E. trifoliorum*, *E. ulmi* var. *ulmi*, *G. cichoracearum*, *G. orontii*, *L. chrozophorae*, *L. taurica*, *P. euphorbiae*, *P. fusca* and *P. plantaginis* are reported for the first time, on these hosts from Ardabil province.

Conclusion

Among the fungal species causing powdery mildew in Ardabil province, four species are reported for the first time from Iran on related host plants, including *Golovinomyces* (two species), *Erysiphe* (one species), and *Leveillula* (One species). Moreover, 11 species are reported for the first time from Ardabil province including *Erysiphe* (four species), *Podosphaera* (three species), *Golovinomyces* (two species), and *Leveillula* (two species). Generally, *Erysiphe* and *Podosphaera* genera with 13 and nine species were the most prevalent genera, respectively. Powdery mildew causes a decrease in yield and product quality as a result of direct and indirect damage; hence, accurate identification of these fungi, their host range, and geographical distribution can be useful in biodiversity studies as well as management of these pathogens.

Keywords: Biodiversity, Erysiphaceae, Helotiales, Landscape

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص. ۲۷۳-۲۵۹

گزارشی از سفیدک‌های پودری (تیره Erysiphaceae) استان اردبیل و معرفی چند میزبان جدید برای ایران

افسانه ساحلی[۱]- مهدی داوری[۲]*- کوثر شریفی[۳]- محمود بیدارلرد[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۲

چکیده

قارچ‌های عامل سفیدک پودری متعلّق به تیره Erysiphaceae، یکی از گسترده‌ترین و قابل تشخیص‌ترین بیماری‌های گیاهی هستند و خسارت قابل توجهی را به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند. به‌منظور مطالعه این قارچ‌های بیماری‌زا، طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ نمونه‌هایی از انواع گیاهان زراعی، فضای سبز و درختان میوه و جنگلی در برخی شهرهای استان اردبیل جمع‌آوری و خشک شدند. گیاهان میزبان به کمک متخصص گیاه‌شناسی و با استفاده از منابع مرتبط با فلور ایران شناسایی گردید. از اندام‌های مختلف قارچ‌ها از قبیل فرم جنسی یا غیرجنسی، اسلاید میکروسکوپی تهیه شد. با استفاده از میکروسکوپ نوری، مشخصات ریخت‌شناختی نمونه‌ها جهت شناسایی قارچ عامل بیماری یادداشت شده و در نهایت به کمک تک‌نگاشت براون و کوک (۲۰۱۲) و برخی مقالات معتبر، قارچ‌های عامل سفیدک پودری در حد جنس و گونه مورد شناسایی قرار گرفتند. در این پژوهش، تعداد ۳۳ گونه قارچ عامل سفیدک پودری از هفت جنس مختلف بر روی ۴۶ میزبان گیاهی شناسایی شدند. در بین آرایه‌ها، گونه‌های *Erysiphe trifoliorum* از روی *Trifolium tumens*، *Golovinomyces orontii* species complex از روی *Fraxinus excelsior* و *Lactuca scarioloides*، *G. sonchicola* از روی *Sonchus asper* و *Leveillula taurica* از روی *Vicia sativa* برای اولین بار از روی این میزبان‌های جدید از ایران گزارش می‌شوند. هم‌چنین گزارش ۱۱ گونه شامل *E. capreae*، *E. prunastri*، *E. trifoliorum*، *E. ulmi* var. *ulmi*، *G. cichoracearum*، *G. orontii*، *L. chrozophorae*، *L. taurica*، *Podosphaera euphorbiae*، *P. fusca* و *P. plantaginis* از روی ۱۴ میزبان برای میکوفلور استان اردبیل جدید می‌باشد. جنس‌های *Erysiphe* و *Podosphaera* به‌ترتیب با ۱۳ و نه گونه، دارای بیشترین فراوانی بودند.

واژه‌های کلیدی: تنوع زیستی، فضای سبز، Erysiphaceae، Helotiales

۱ و ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
۳- آزمایشگاه تحقیقاتی رویان اصفهان، اصفهان، ایران.
۴- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
(* نویسنده مسئول: Email: mdavari@uma.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.87290.1181

مقدمه

قارچ‌های تیره Erysiphaceae، باعث ایجاد نوعی بیماری قارچی به نام سفیدک‌های پودری (سطحی، حقیقی) در انواع گیاهان میزبان می‌شوند (Braun, 1987). این قارچ‌ها متعلّق به راسته Erysiphales، رده Leotiomycetes و شاخه Ascomycota (Wijayawardene *et al*., 2020) بوده و باعث بیماری‌های جدی در بسیاری از گیاهان مهم اقتصادی مانند غلات، محصولات زراعی، سبزیجات، درختان میوه، گیاهان زینتی و جنگلی می‌شوند (Amano, 1986; Braun & Cook, 2012). علایم سفیدک‌های پودری بیشتر به‌صورت لکه‌ها یا یک لایه از میسلیوم سفید، زرد، قهوه‌ای یا خاکستری (حاوی کنیدیوفورها[1] و کنیدیوم‌ها) و یا ساختارهای جنسی کروی و به رنگ زرد، قهوه‌ای تا سیاه (کاسموتسیوم[2]) مشاهده می‌شود. سفیدک‌های پودری که جزء انگل‌های اجباری گیاهان می‌باشند، به ندرت گیاه را کشته و با مصرف مواد غذایی گیاهان باعث کاهش فتوسنتز، افزایش تنفس و تعریق و اختلال در رشد گیاه می شوند (Agrios, 2005). علی‌رغم تحقیقات گسترده در مورد بیماری-زایی، همه‌گیری‌شناسی و کنترل آن‌ها، گونه‌های سفیدک پودری به دلیل هزینه‌های بالای اقدامات کنترل شیمیایی جهت حفاظت از محصول و در نهایت از دست دادن عملکرد آن‌ها، از نظر اقتصادی یکی از مهمترین بیمارگرهای گیاهی در کشاورزی و باغبانی در سراسر جهان باقی مانده‌اند (Dunn & Fuller *et al*., 2014; Gaynor, 2020). چرخه زندگی اغلب اعضای تیره Erysiphaceae شامل دو مرحله جنسی و غیرجنسی است و فقط در جنس‌های معدودی مرحله غیرجنسی شناخته نشده است (Braun, 1987). آلودگی معمولاً با کنیدیوم‌های روی برگ میزبان سریعاً شروع شده و با ترشح مواد، باعث چسبیدن آن‌ها به برگ میزبان می‌شود (Nicholson *et al*., 1988). سپس این کنیدیوم‌ها توسط باد به سایر گیاهان منتقل شده و جهت تولید آپرسوریوم[3] (میخ رخنه) روی برگ‌های گیاهان جوانه زده و مبادرت به تشکیل هوستوریوم[4] برای شروع آلودگی می‌نمایند (Matsuda *et al*., 2005). دامنه میزبانی این قارچ‌ها به نهان‌دانگان محدود شده و هرگز از روی سرخس‌ها و بازدانگان گزارش نشده‌اند (Khodaparast, Amano, 1986; 2007). تعداد گونه‌های میزبان توسط آمانو در سال ۱۹۸۶ تا ۱۰۰۰۰ گونه (Amano, 1986) و توسط برادشاو در سال ۲۰۲۲ حدود ۱۶۰۰۰ گونه (Bradshaw *et al*., 2022a) تخمین زده شده است.

1- Conidiophores
2- Chasmothecium
3- Appressorium
4- Hostorium

اولین راهنمای تک‌نگاشت[5] این گروه قارچی توسط سالمون در سال ۱۹۰۰ (Salmon, 1900) و پس از آن توسط براون در سال ۱۹۸۷ منتشر شد (Braun, 1987). بعدها یک کتاب راهنمای طبقه‌بندی مدرن، بر اساس اولین بررسی‌های فیلوژنتیکی سفیدک‌های پودری توسط براون و کوک در سال ۲۰۱۲ منتشر گردید (Braun & Cook, 2012). قبل از دوران فیلوژنی‌های مبتنی بر DNA، مفهوم فیلوژنتیک عمومی در تیره Erysiphaceae بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی شکل‌های جنسی بود (Braun, 1995). با مطالعات گسترده از اشکال فرم غیرجنسی (Cook *et al*., 1997) و داده‌های مولکولی تأیید شد که شکل زوائد اهمیت ثانویه‌ای دارد (Mori *et al*., 2000; Takamatsu, 2004). در آرایه‌بندی این قارچ‌ها، برخی صفات مورفولوژیکی جدیدی که تاکنون نادیده گرفته می‌شدند، معرفی شده‌اند؛ به‌عنوان مثال، موقعیت کنیدیوفورها بر روی سلول مادر (Shin & Zheng, 1998)، اختلافات در طرح کلی زنجیره‌ای کنیدیوم (Shin & La, 1993)، تفاوت در سطح کنیدیوم‌ها هنگام مشاهده با SEM (Cook *et al*., 1997) و جزئیات الگوهای جوانه زنی کنیدیوم‌ها (Cook & Braun, 2009). در آخرین رده‌بندی، این تیره قارچی شامل ۱۹ جنس و بیش از ۹۰۰ گونه می‌باشد (Vaghefi *et al*., 2022; McNeill *et al*., 2012). ایران با داشتن بیش از ۷۵۰۰ گونه گیاهی و آب و هوای متنوع (Haftlang, 2003; Assadi, 2019)، در موقعیت مناسبی برای مطالعه قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی از جمله سفیدک پودری قرار دارد. سال‌های اخیر در ایران و در مقایسه با سایر گروه‌های مهم قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی، مقالات مرتبط با سفیدک‌های پودری قابل توجه بوده و کم و بیش در حال افزایش است. برخی از نشریات اخیر شامل لیست قارچ های عامل سفیدک پودری از ایران هستند، اما اغلب ناقص بوده و محدود به مطالعات منطقه‌ای بوده است (Khodaparast *et al*., 2007; Tajik-Ghanbary *et al*., 2005; Tavanaei *et al*., 2002; Pirnia *et al*., 2007). همچنین با استناد به مقاله خداپرست و عباسی در ایران، تعداد ۱۴ گونه قارچ روی ۱۹۴ گونه میزبان گیاهی از جنس *Leveillula* (Lév.) Arnaud، ۱۵ گونه قارچ روی ۵۵ گونه میزبان گیاهی از جنس *Podosphaera* (Lev.) Braun and Takamatsu، ۳۲ گونه قارچ روی ۱۲۴ گونه میزبان گیاهی از جنس *Erysiphe* DC.، هفت گونه قارچ روی ۴۵ گونه میزبان گیاهی از جنس *Phyllactinia* (wallr.) Lev.، نه گونه قارچ روی ۶۱ گونه میزبان گیاهی از جنس *Golovinomyces* (Wallr.) Heluta، یک گونه قارچ روی ۵۸ گونه میزبان گیاهی از جنس *Blumeria* (DC.) Speer، دو گونه قارچ روی ۱۲ گونه میزبان

5- Monograph

گیاهی از جنس *Sawadaea* (Fuckel) Homma و دو گونه قارچ روی نه گونه میزبان گیاهی از جنس *Neoerysiphe* U. Braun گزارش شده است (Khodaparast and Abbasi, 2009). طبق نظر خداپرست، جامع‌ترین مرجع در خصوص سفیدک‌های پودری کتاب قارچهای ایران می‌باشد (Khodaparast & Ershad, 1971; 2009, 2007). در استان اردبیل نیز بر اساس تحقیقات انجام گرفته تا به امروز حدود ۳۲ گونه متعلّق به ۹ جنس عامل سفیدک پودری شناسایی و توصیف شده است (Davari *et al*., 2015). همان‌طور که می‌دانیم عمده اراضی در سطح استان اردبیل کشاورزی و مرتع می‌باشد و به همین منظور، قارچهای تیره Erysiphaceae در این استان دارای اهمیت و تنوع میزبانی بوده و به‌دلیل مطالعات محدود در این زمینه، قارچهای عامل بیماری سفیدک پودری روی انواع گیاهان در برخی شهرهای استان اردبیل شامل اردبیل، پارس‌آباد، خلخال، سرعین، مشگین‌شهر، نمین و نیر مورد بررسی و شناسایی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها

در این تحقیق، نمونه‌های گیاهی آلوده به سفیدک پودری طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ از رویشگاه‌های مختلف شهرهای اردبیل، پارس‌آباد، خلخال، سرعین، مشگین‌شهر، نمین و نیر جمع‌آوری شدند. سپس در بین لایه‌های کاغذ یا روزنامه خشک شده شدند. به هرکدام از نمونه‌ها کد اختصاصی متناسب با میزبان داده شد و با درج اطلاعاتی از قبیل کد، نام میزبان، تاریخ و محل جمع‌آوری درون پاکت‌های مناسب قرار گرفتند. نمونه‌های گیاهی میزبان به کمک منابع مرتبط با فلور ایران (Assadi *et al*., Rechinger, 2015; 2023) شناسایی شده و جنس و گونه آن‌ها مشخص گردید.

مطالعه میکروسکوپی اندام‌های جنسی و غیرجنسی

به‌منظور مطالعه میکروسکوپی، از اندام‌های جنسی و غیرجنسی قارچها به‌صورت مستقیم و از بستر طبیعی، اسلایدهای میکروسکوپی تهیه شد. برای این منظور، ابتدا با استفاده از چسب نواری شفاف از اندام‌های قارچ از قبیل کنیدیوم‌ها و کنیدیوفورها، کاسموتسیوم‌ها، آسک‌ها و آسکوسپورها مقداری را برداشته و روی لام حاوی اسیدلاکتیک ۵۰ درصد قرار داده شد و جهت تثبیت نمونه از حرارت غیرمستقیم چراغ الکلی استفاده شد. جهت مطالعه میکروسکوپی اندام های جنسی قارچها از سر سوزن استفاده شد. بعد از تهیه اسلایدهای میکروسکوپی، مشخصات کنیدیوم از قبیل طول و عرض کنیدیوم، طول و عرض کنیدیوفور، طول و عرض سلول پایه کنیدیوفور، تعداد سلول بعد از سلول پایه کنیدیوفور، فاصله اولین دیواره از منشاء کنیدیوفور، ابعاد ریسه، مشخصات کاسموتسیوم از قبیل عرض کاسموتسیوم و شکل و تراکم زوائد کاسموتسیوم، طول و عرض و تعداد آسک و آسکوسپور توسط میکروسکوپ نوری مطالعه و بررسی شدند (Shin, 2000; Braun & Cook, 2012).

بررسی جوانه‌زنی کنیدیوم‌ها

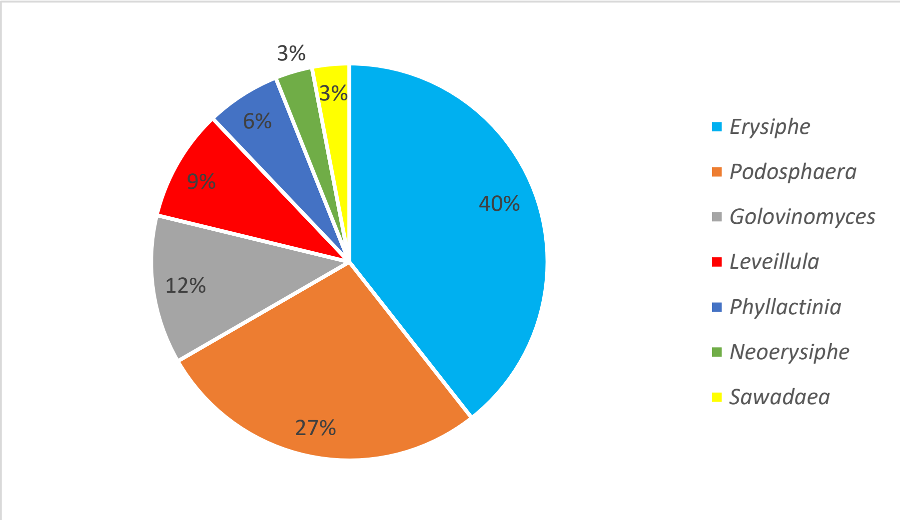
در مورد نمونه‌های قارچی تازه، بررسی جوانه‌زنی کنیدیوم‌ها انجام شد. برای جوانه‌زنی از روش کوک و براون (۲۰۰۹) استفاده شد. در این روش، برگ آلوده حاوی کنیدیوم‌های تازه، بالای سطح داخلی درب تشتک پتری قرار گرفت و از پشت با وارد کردن ضربه کنیدیوم ها در آن ریخته، سپس در تشتک پتری، پنبه مرطوب (پنبه آغشته به آب مقطر) قرار داده شد و درب تشتک پتری روی آن قرار گرفت و دور آن با پارافیلم بسته شد و در انکوباتور در دمای حدود ۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد (Cook & Braun, 2009). سپس جوانه‌زنی کنیدیوم‌ها با عدسی شیئی ۲۰× میکروسکوپ نوری بررسی شدند. جهت مقایسه و توصیف گونه‌ها از اندام‌های مختلف قارچی از قبیل کاسموتسیوم‌ها، آسک‌ها، کنیدیوم‌ها و کنیدیوفورها با استفاده از کاغذ کالک، ترسیم‌های دقیقی صورت گرفت. علاوه بر آن، تصاویر رنگی میکروسکوپی از این اندام‌های قارچی به کمک دوربین دیجیتال مدل Canon 450D متصل به میکروسکوپ نوری Zeiss مدل Axiolab (ساخت آلمان) تهیه شد.

نتایج و بحث

در این تحقیق، هفت جنس (*Erysiphe*، *Golovinomyces*، *Leveillula*، *Neoerysiphe*، *Phyllactinia*، *Podosphaera* و *Sawadaea*) شامل ۳۳ گونه قارچی متعلّق به این تیره مهم از روی ۴۶ میزبان گیاهی گزارش می‌شود. جنس‌های *Erysiphe* و *Podosphaera* به‌ترتیب با ۱۳ و نه گونه، دارای بالاترین درصد فراوانی هستند. نمودار فراوانی جنس‌ها در شکل ۱ آمده است. به‌طور کلی، در بین گونه‌های سفیدک پودری شناسایی شده، چهار گونه برای اولین بار از روی میزبان‌های گیاهی جدید از ایران گزارش می‌شوند که عبارتند از: *Erysiphe trifoliorum* از روی شبدر (*T. tumens*)، *Golovinomyces orontii* species complex از روی زبان گنجشک (*F. excelsior*) و کاهو دنایی (*L. scarioloides*)، *G. sonchicola* از روی شیرتیغک (*S. asper*) و *L. taurica* از روی ماشک (*V. sativa*). همچنین گزارش ۱۱ گونه از روی میزبان‌های زیر برای استان اردبیل جدید است که عبارتند از:

گونه *E. capreae* از روی بیدمشک (*Salix aegyptica*)، *E. prunastri* از روی آلو (*Prunus domestica*)، *E. trifoliorum* از روی شبدر قرمز (*Trifolium pratense*)، *E. ulmi var. ulmi* از روی ملچ (*Ulmus glabra*)، *G. cichoracearum* از روی شنگ

(*Tragopogon sp.*)، *G. orontii* از روی آفتابگردان (*Helianthus annuus*)، *L. chrozophorae* از روی ارزق (*Chrozophora tinctoria*)، *L. taurica* از روی کنگـــر صـــحرایی (*Cirsium arvense*)، کُبَـــر (*Capparis spinosa*)، اســـپند (*Peganum harmala*) و شــــیرین‌بیـــــان (*Glycyrrhiza glabra*)، *P. euphorbiae* از روی فرفیون (*Euphorbia sp.*)، *P. fusca* از روی تـــوق (*Xanthium strumarium*) و *P. plantaginis* از روی بارهنگ کبیر (*Plantago major*).



شکل ۱- درصد فراوانی جنس‌های تیره Erysiphaceae در این پژوهش

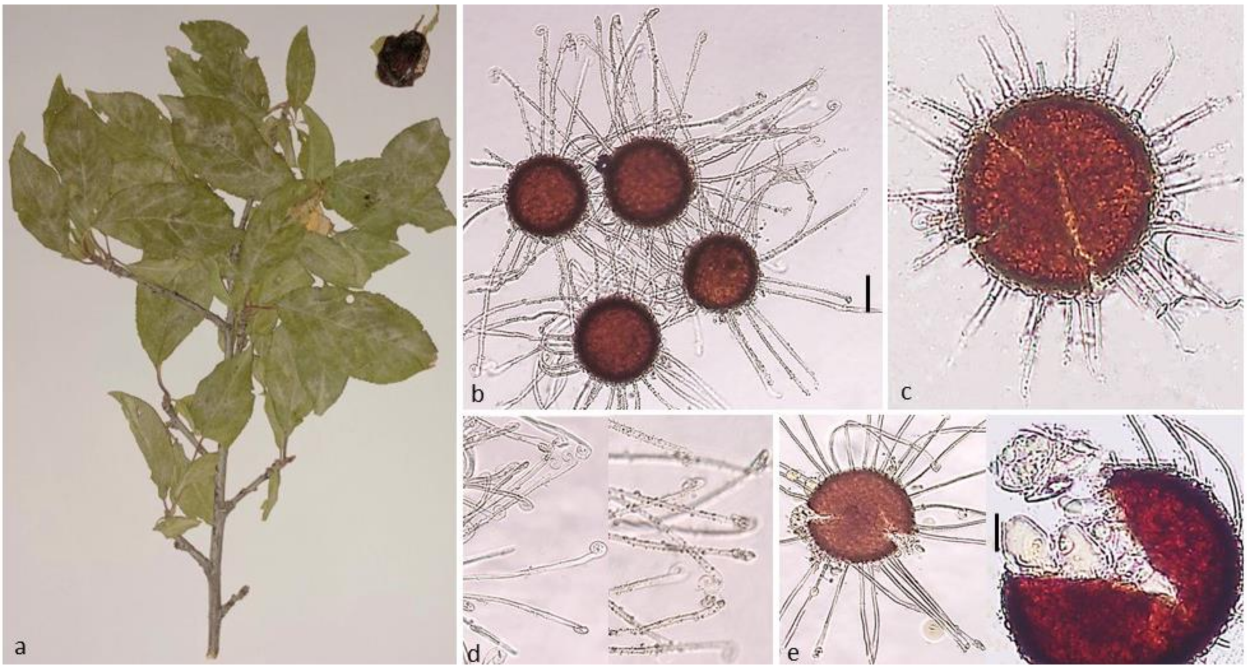
Figure 1- Percentage abundance of Erysiphaceae genera in this research

مشخصات برخی گونه‌های قارچی شناسایی شده در این تحقیق با گزارش میزبان جدید برای ایران و استان اردبیل به شرح زیر است:

گونه *Erysiphe prunastri* DC., 1815

نمونه بررسی شـده: روی *Prunus domestica* (آلـو)، شـاهرود، خلخال، ۱۴۰۰/۶/۲، جمع‌آوری: بیدارلرد؛ محوطـه درون شـهری، نمـین، ۱۴۰۰/۸/۷، جمع‌آوری: ساحلی

میسلیوم در سطح بالایی برگ بـا پوشـش سـفیدرنگ بـه‌صـورت پراکنده دیده می‌شود. فرم جنسی قارچ در سطح بالایی برگ به‌صورت متراکم پراکنده شده و کاسموتسیوم‌ها کروی، متراکم، قهوه‌ای روشـن و به قطر (۱۳۰-) ۱۱۰/۳ (۹۳-) میکرومتر هستند. زوائد سرعصایی به تعداد فراوان حول محور کاسموتسیوم، بی‌رنگ و به عـرض (۶-) ۳/۸ (۳-) میکرومتر می‌باشـند. آسـک‌ها گلابی‌شـکل، ۵-۴ عـدد و گاهاً بیشتر، بی‌رنگ و یـا زردرنـگ و بـه ابعـاد (۲۸-) ۲۳ (۲۰-) × (۵۰-) ۴۳/۳ (۳۹-) میکرومتر هستند. آسکوسپورها بیضوی، بی‌رنـگ و ۵-۴ عـدد داخـل هـر آسـک مشـاهده می‌شـوند (شـکل ۲). بـا توجـه بـه مشخصات بیان شده از فرم جنسی قارچ از قبیل انتهای عصایی‌شـکل زوائد کاسموتسیوم، تعداد آسـک‌ها و ابعـاد کاسموتسـیوم، ایـن گونـه *Erysiphe prunastri* تشخیص داده شد. همچنین این گونه از روی *P. domestica* توسط توانایی و همکاران در سال ۲۰۰۱ از ورزقان و کلیبر (Tavanaei *et al.*, 2001) و توسط کریمی و حاجیان در سـال ۱۹۹۸ از خراسان گزارش شـده اسـت (Karimi & Hajian, 1998). این گونه از روی همین میزبان از سایر کشـورها از جملـه مجارسـتان توسـط نـاگی و کـیس در سـال ۲۰۰۶ (Nagy & Kiss, 2006) و آذربایجان توسط عبـاس‌اف در سـال ۲۰۱۶ گـزارش گردیـده اسـت (Abasova *et al.*, 2018). گزارش این گونـه بـرای فلـور قارچ‌هـای استان اردبیل جدید می‌باشد.



شکل ۲- گونه *Erysiphe prunastri*، a: گیاه *Prunus domestica* آلوده به سفیدک پودری، b و c: کاسموتسیوم، d: انتهای عصایی‌شکل زوائد کاسموتسیوم، e: آسک‌ها و آسکوسپورها (مقیاس b: ۵۰ میکرومتر و e: ۵ میکرومتر)

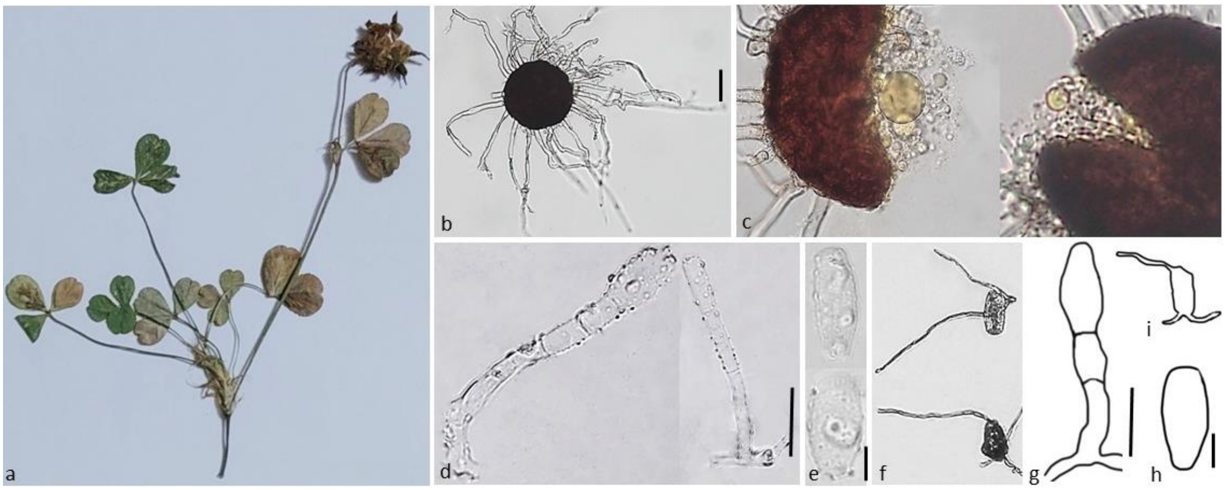
Figure 2- *Erysiphe prunastri*, a: *Prunus domestica* plant infected with powdery mildew, b and c: Chasmothecium, d: rod-shaped ends of Chasmothecium appendages, e: Asci and Ascospores (scale b: 50 µm and e: 5 µm)

گونه *Erysiphe trifoliorum* (Wallr.) U. Braun, 2010

نمونه بررسی شده: روی *Trifolium tumens* (شبدر)، بولاغلار، نیر، ۰۰/۷/۲۴؛ دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ۰۱/۳/۱۰؛ جمع‌آوری: ساحلی

میسلیوم سفیدرنگ بیشتر در پایین برگ و به ندرت در سطح بالایی برگ مشاهده می‌شود. ریسه به عرض (۷-) ۴/۹ (-۳) میکرومتر است. کنیدیوفور استوانه‌ای و قائم، گاهاً خمیده و به ابعاد (۸-) ۶/۵ (-۴) × (۵۹-) ۴۵/۷ (-۱۷) میکرومتر می‌باشد. سلول پایه استوانه‌ای قائم و گاهاً خمیده، بی‌رنگ، گاهاً دارای اجسام برجسته در سطح، به ابعاد (۸) ۶/۵ (-۴) × (۴۳-) ۲۹/۵ (-۱۴) میکرومتر و بعد از آن، ۲-۱ عدد سلول دیده می‌شود. فاصله اولین دیواره از منشأ کنیدیوفور (۳۹-) ۱۱/۸ (-۲) میکرومتر است. کنیدیوم‌ها بشکه‌ای تا بیضوی کمی کشیده، برخی استوانه‌ای، به صورت منفرد، دارای اجسام برجسته در سطح، بی‌رنگ و به ابعاد (۱۷-) ۱۴ (-۱۰) × (۴۳-) ۳۱ (-۱۸) میکرومتر می‌باشند. جوانه‌زنی به شکل لونجیتوبوس[1] دیده می‌شود. کاسموتسیوم‌ها گرد تا بیضوی، قهوه‌ای تیره، به صورت پراکنده و به قطر (۱۱۳-) ۹۲ (-۵۷) میکرومتر هستند. انتهای زوائد ساده و یا دو شاخه‌ای، بی‌رنگ، حول محور کاسموتسیم و به عرض (۹-) ۵/۹ (-۴) میکرومتر می‌باشند. آسک‌ها تقریباً گرد و به قطر (۵۲-) ۴۴/۸ (-۳۹) میکرومتر هستند و داخل آن‌ها آسکوسپورهای بیضوی به قطر (۱۶-) ۱۳/۷ (-۱۰) میکرومتر مشاهده می‌شود (شکل ۳). با توجه به توضیحات بیان شده از هر دو فرم جنسی و غیرجنسی این نمونه قارچی از قبیل شکل کنیدیوفور، تیپ جوانه‌زنی و فرم زوائد کاسموتسیوم، این گونه *Erysiphe trifoliorum* شناسایی شد. این گونه در گذشته از روی *Trifolium* sp. توسط داوری و همکاران در سال ۲۰۱۵ از استان اردبیل (Davari *et al*., 2015) و شریفی در سال ۲۰۲۱ از اصفهان و لرستان (Sharifi, 2021) گزارش شده است. این گونه تا به حال از روی *T. tumens* از ایران گزارشی نداشته است و بر اساس منابع موجود، این مطالعه اولین گزارش گونه *E. trifoliorum* از روی *T. tumens* در ایران محسوب می‌شود.

1- Longitubus



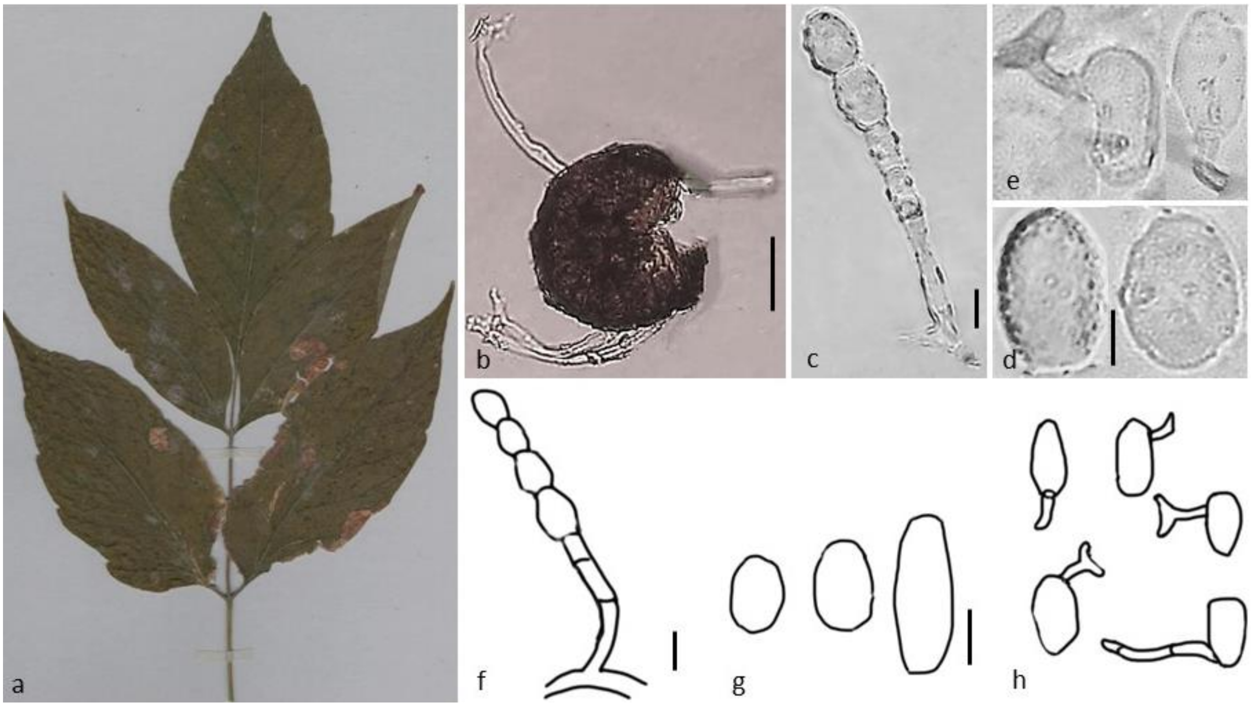
شکل ۳- گونه *Erysiphe trifoliorum*، a: گیاه *Trifolium tumens* آلوده به سفیدک پودری، b: کاسموتسیوم، c: آسک و آسکوسپور، d و g: کنیدیوفورها، e و h: کنیدیوم، f و i: جوانه‌زنی (مقیاس b: ۵۰ میکرومتر، d و g: ۲۰ میکرومتر و e و h: ۱۰ میکرومتر)

Figure 3- *Erysiphe trifoliorum*, a: *Trifolium tumens* plant infected with powdery mildew, b: Chasmothecium, c: Ascus and Ascospore, d and g: Conidiophores, e and h: Conidium, f and i: Germination (Scale b: 50 µm, g and d: 20 µm, and e and h: 10 µm)

گونه *Golovinomyces orontii* species complex (Castagne) Heluta, 1988

نمونه‌های بررسی شده: روی *Fraxinus excelsior* (زبان گنجشک/ون)، محوطه دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ۰۰/۷/۸؛ پارک لاله، اردبیل، ۰۰/۷/۸، جمع‌آوری: ساحلی؛ روی *L. scarioloides* و*Lactuca*. sp (کاهو دنایی، کاهوی‌وحشی)، محوطه دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ۰۰/۷/۸؛ بولاغلار، نیر، ۰۰/۷/۲۴؛ جاده سردابه، اردبیل، ۰۰/۶/۱۵؛ جمع‌آوری: ساحلی میسلیوم سفیدرنگ به‌صورت متراکم در هر دو سطح برگ، به‌خصوص سطح بالایی پراکنده شده است. ریسه بسیار نازک به عرض (۶-) ۳ (-۲) میکرومتر است. کنیدیوفور استوانه‌ای دارای فرورفتگی در طول و بعضاً راست و قائم به ابعاد (۸-) ۶/۰۸ (-۴) × (۸۸-) ۵۳ (-۳۵) میکرومتر، سلول پایه استوانه‌ای و باریک و دارای خمیدگی و فرورفتگی، بی‌رنگ، دارای کمی تورم در بخش قاعده، به ابعاد (۸-) ۶/۰۸ (-۴) × (۵۲-) ۳۶/۷ (-۲۲) میکرومتر بوده و بعد از آن ۳-۱ عدد سلول کوتاه‌تر قرار دارد. فاصله اولین دیواره از منشأ کنیدیوفور (۵-) ۴ (-۲) میکرومتر است. کنیدیوم‌ها بیضوی کوتاه تا کشیده و گاهی کاملاً گرد و کروی، بی‌رنگ، به ابعاد (۱۷-) ۱۴/۳ (-۱۱) × (۴۲-) ۲۸/۰۷ (-۲۰) میکرومتر، به‌صورت زنجیری و بعد از کنیدیوفور ۵-۲ عدد سلول دیده می‌شود. جوانه‌زنی به شکل رتیکولوئیدیون[1] بوده و اغلب حالت انتهایی دارد. کاسموتسیوم به تعداد بسیار کم، بیضوی تا گرد، قهوه‌ای تیره، به صورت پراکنده در سطح بالایی و به ندرت در سطح پایینی برگ بوده و به قطر (۱۵۴-) ۱۲۳/۵ (-۹۳) میکرومتر می‌باشند. برخی زوائد به صورت رشته‌ای متراکم و برخی دوشاخه‌ای با تعداد کم در اطراف کاسموتسیوم، بی‌رنگ و به عرض (۶-) ۴/۵ (-۳) میکرومتر هستند (شکل ۴ و ۵). با توجه به مشخصات ذکر شده از هر دو فرم جنسی و غیرجنسی قارچ از قبیل شکل کنیدیوفور و کنیدیوم، فرم جوانه‌زنی و انتهای زوائد کاسموتسیوم، این گونه *Golovinomyces orontii* species complex شناسایی شد. این گونه قبلاً از روی *Fraxinus* sp. توسط شریفی و همکاران در سال ۲۰۱۳ (Sharifi *et al.*, 2013) گزارش شده است. این گونه تا به حال از روی *L. scarioloides* و *F. excelsior* از ایران گزارشی نداشته است و بر اساس منابع موجود، این مطالعه اولین گزارش گونه *G. orontii* species complex از روی *L. scarioloides* و *F. excelsior* در ایران محسوب می‌شود.

1- Reticuloidiun



شکل ٤- گونه *Golovinomyces orontii* species complex، a: گیاه *Fraxinus excelsior* آلوده به سفیدک پودری، b: کاسموتسیوم و زوائد آن، c و f: کنیدیوم‌بر، d و g: کنیدیوم‌ها، e و h: جوانه‌زنی (مقیاس b: ۵۰ میکرومتر، c و f: ۱۰ میکرومتر و d و g: ۱۰ میکرومتر)

Figure 4- *Golovinomyces orontii* species complex, a: *Fraxinus excelsior* plant infected with powdery mildew, b: Chasmothecium and its appendages, c and f: Conidiophore, d and g: Conidia, e and h: Germination (scale b: 50 µm, c and f: 10 µm and d and g: 10 µm)



شکل ۵- گونه *Golovinomyces orontii* species complex، a: گیاه *Lactuca scarioloides* آلوده به سفیدک پودری، b و e: کنیدیوفورها، c و f: کنیدیوم‌ها، d و g: جوانه‌زنی (مقیاس b و e: ۲۰ میکرومتر و c و f: ۱۰ میکرومتر)

Figure 5- *Golovinomyces orontii* species complex, a: *Lactuca scarioloides* plant infected with powdery mildew, b and e: Conidiophores, c and f: Conidia, d and g: Germination (scale b and e: 20 µm and c and f: 10 µm)

گونه *Golovinomyces sonchicola* U. Braun and R.T.A. Cook, 2009

نمونه‌های بررسی شده: روی *Sonchus asper* و .*Sonchus* sp (شیرتیغک)، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ۰۱/۳/۲۵، جمع‌آوری: ساحلی میسلیوم سفیدرنگ سطح بالایی برگ را به‌صورت پراکنده تا متراکم پوشانده است. ریسه تا حدودی پهن و به عرض ۷ میکرومتر است. کنیدیوفور استوانه‌ای و بعضاً دارای انحنا و به ابعاد (۱۲-) ۱۰/۶ (-۹) × (۷۸-) ۷۲/۷ (۶۰-) میکرومتر، سلول پایه استوانه‌ای گاهاً دارای انحنا، به ابعاد (۱۱-) ۹/۸ (۷-) × (۵۸-) ۴۹/۳ (۴۳-) میکرومتر بوده و بعد از آن ۳-۱ عدد سلول قرار دارد. کنیدیوم‌ها بیضوی کشیده، به ابعاد (۱۴-) ۱۲/۶ (۱۱-) × (۳۷-) ۲۶/۴ (۲۱-) میکرومتر، به‌صورت زنجیری و بعد از کنیدیوفور ۳-۱ سلول دیده می شود. جوانه‌زنی از نوع پواویدیوم بوده و غالباً حالت انتهایی و به ندرت حالت کناری دارد. فرم جنسی در این گونه در هر دو سطح برگ مشاهده می‌شود. کاسموتسیوم‌ها کروی، قهوه‌ای روشن و به قطر (۱۸۱-) ۱۱۵/۱ (۷۰-) میکرومتر هستند. زوائد رشته‌ای، به تعداد زیاد، حدوداً ۱۵ عدد، در بخش قاعده قهوه‌ای تیره و در انتها بی‌رنگ، دارای دیواره عرضی به عرض (۱۱-) ۶/۱ (۴-) میکرومتر هستند. آسک‌ها بیضوی، بی‌رنگ و به ابعاد (۳۰-) ۲۴ (۱۹-) × (۴۸-) ۴۰/۴ (۲۸-) میکرومتر بوده و آسکوسپورها هم بیضوی‌شکل، زردرنگ و به ابعاد (۱۳-) ۱۱ (۱۰-) × (۱۶-) ۱۳/۵ (۱۱-) میکرومتر می‌باشند (شکل ۶). با مشخصات بیان شده از فرم جنسی قارچ از قبیل شکل زوائد کاسموتسیوم، تعداد و شکل آسک و آسکوسپور، این گونه *Golovinomyces sonchicola* تشخیص داده شد. این گونه در گذشته از روی .*Sonchus* sp توسط خداپرست در سال ۲۰۱۰ از جاده زنجان و از منجیل (Khodaparast *et al*., 2010) و همچنین توسط شریفی در سال ۲۰۱۲ از استان گیلان (Sharifi, 2012) گزارش شده است. در آلمان نیز از روی همین جنس گزارش گردیده است (Bradshaw *et al*., 2022). این گونه تا به حال از روی *S. asper* از ایران گزارشی نداشته است و بر اساس منابع موجود، این مطالعه اولین گزارش گونه *G. sonchicola* از روی *S. asper* در ایران محسوب می‌شود.



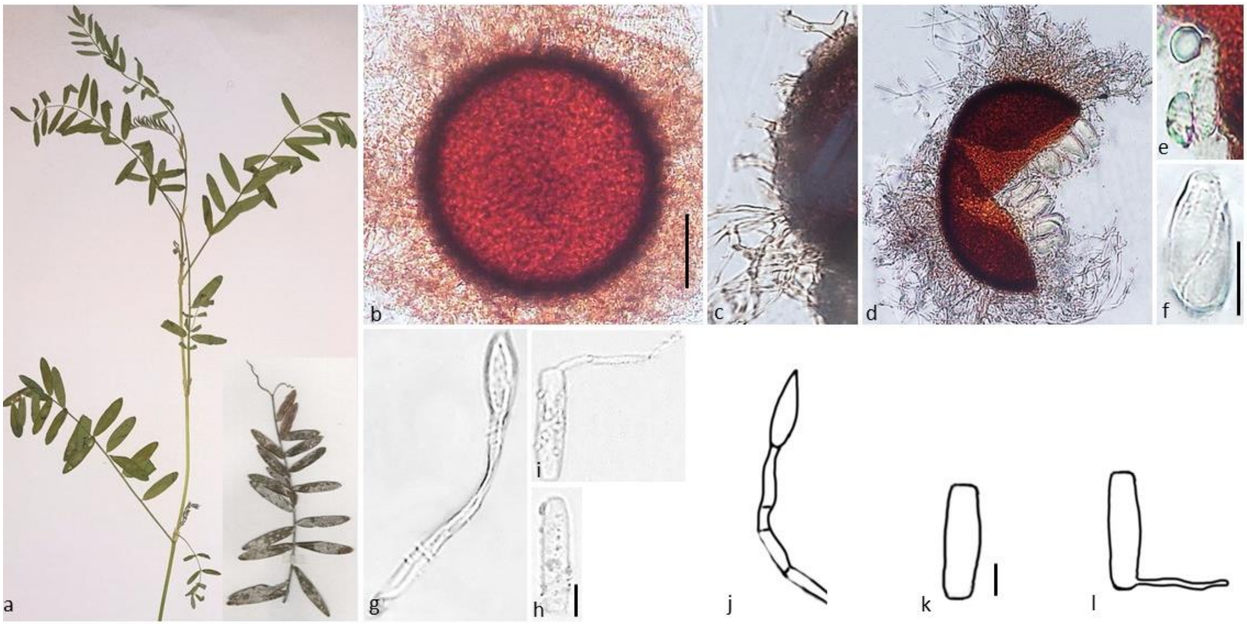
شکل ٦- گونه *Golovinomyces sonchicola*، a و b: گیاه *Sonchus asper* و .*Sonchus* sp آلوده به سفیدک پودری، c: کاسموتسیوم، d: سلول‌های پریدیوم، e: زوائد کاسموتسیوم، f: آسک‌ها و آسکوسپورها، g و h: جوانه‌زنی (مقیاس c: ۵۰ میکرومتر و f: ۲۰ میکرومتر)

Figure 6- *Golovinomyces sonchicola*, a and b: *Sonchus asper* and *Sonchus* sp. plant infected with powdery mildew, c: Chasmothecium, d: Peridium cells, e: Appendages of Chasmothecium, f: Asci and ascospores, g and h: Germination (scale c: 50 µm and f: 20 µm)

گونه *Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud, 1921

نمونه بررسی شده: روی *Vicia sativa* (ماشک)، خلخال، ۰۰/۶/۳، جمع‌آوری: بیدار لرد

میسلیوم سفیدرنگ هر دو سطح برگ‌ها را پوشانده است. ریسه بسیار باریک و نازک با قطر خیلی کم ۰/۵ تا ۱ میکرومتر، کنیدیوم‌ها بیضوی بسیار کشیده، بی‌رنگ، دارای اجسام برجسته در سطح، به ابعاد (۱۷-) ۱۴/۲ (-۱۱) × (۶۵-) ۵۷/۴ (-۴۷) میکرومتر، کاسموتسیم گرد و به ندرت بیضوی، قهوه‌ای روشن تا تیره، به قطر (۱۹۷-) ۱۵۸/۲ (-۷۴) میکرومتر، زوائد به صورت میسلیومی با انشعابات نامنظم باریک و بلند با انتهای صاف به تعداد زیاد و نامحدود به عرض (۷-) ۴/۲ (-۳) میکرومتر و گاهی به‌صورت رشته‌ای و ضخیم در کل اطراف کاسموتسیم دیده می‌شود. آسک‌ها تقریباً بیضوی کشیده، حدوداً ۲۰-۱۵ عدد در داخل هر کاسموتسیوم، به ابعاد (۲۹-) ۲۱/۷ (-۱۹) × (۵۸-) ۵۱/۳ (-۴۲) میکرومتر و داخل هر آسک دو آسکوسپور بیضوی و بی‌رنگ مشاهده می‌شود (شکل ۷). این گونه با ویژگی‌های ذکر شده از فرم جنسی و غیرجنسی از قبیل کاسموتسیوم، آسک‌ها، شکل کنیدیوم‌ها و نوع جوانه‌زنی، گونه *Leveillula taurica* شناسایی شد. این گونه در گذشته از روی *Vicia* sp. توسط قیّمی در سال ۲۰۰۵ از یزد (Samadi *et al*., 2010) و توسط حسین‌خانی‌ها و همکاران در سال ۲۰۱۲ از قزوین (Hoseinkhaniha *et al*., 2012) گزارش شده است. این گونه تا به حال از روی *V. sativa* از ایران گزارش نشده و بر اساس منابع موجود، این مطالعه اولین گزارش گونه *L. taurica* از روی *V. sativa* در ایران محسوب می‌شود.



شکل ۷- گونه *Leveillula taurica*، a: گیاه *Vicia sativa* آلوده به سفیدک پودری، b: کاسموتسیوم، c: زوائد کاسموتسیوم، d: آسک‌های درون کاسموتسیوم، e: آسکوسپورها، f: یک آسک به همراه دو آسکوسپور درون آن، g و j: کنیدیوفور، h و k: کنیدیوم، i و l: جوانه‌زنی (مقیاس b: ۵۰ میکرومتر، f: ۲۵ میکرومتر و h و k: ۲۰ میکرومتر)

Figure 7- *Leveillula taurica*, a: *Vicia sativa* plant infected with powdery mildew, b: Chasmothecium, c: Appendages of Chasmothecium, d: Asci inside Chasmothecium, e: Ascospores, f: an ascus with two ascospores inside, g and j: Conidiophore, h and k: Conidium, i and l: Germination (Scale b: 50 µm, f: 25 µm and h and k: 20 µm)

گونه *Podosphaera euphorbiae* (Castagne) U. Braun and S. Takam, 2000

نمونه بررسی شده: روی *Euphorbia* sp. (فرفیون)، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ۰۰/۷/۸؛ بولاغلار، نیر، ۰۰/۷/۲۴، جمع‌آوری: ساحلی؛ ابتدای جاده مشگین‌شهر، اردبیل، ۰۰/۷/۲۹، جمع‌آوری: داوری

میسلیوم سفیدرنگ در هر دو سطح برگ با حجم کم پراکنده شده است. ریسه به‌صورت مارپیچی و به عرض (۷-) ۵/۲ (-۳) میکرومتر است. کنیدیوفور استوانه‌ای، برخی انحنادار و خمیده و تعدادی قائم و راست، به ابعاد (۹-) ۷/۳ (-۳) × (۱۳۶-) ۱۰۰/۱ (-۴۸) میکرومتر، سلول پایه استوانه‌ای، گاهاً خمیده، در بخش قاعده دارای تورم جزئی، دارای اجسام فیبروزین بادی در سطح، به ابعاد (۹-) ۷/۲ (-۳) × (۶۰-

۴۳/۸ (–۱۵) میکرومتر بوده و بعد از آن ۴-۱ سلول دیده می‌شود. فاصله اولین دیواره از منشأ کنیدیوفور (۴-) ۲/۲ (–۱) میکرومتر است. کنیدیوفورها به شکل استوانه‌ای کشیده، بی‌رنگ، به ابعاد (۱۳-) ۱۰/۸ (–۸) × (۳۲-) ۲۶/۶ (–۲۲) میکرومتر، دارای اجسام فیبروزین‌بادی، به صورت زنجیری و بعد از کنیدیوفور ۲-۱ سلول کوتاه نیز دیده می‌شود. جوانه‌زنی به شکل زیرتیپ برویتوبوس یعنی مگنیسلولات بوده و باریک هم می‌باشند (شکل ۸). با توجه به توضیحات بیان شده از فرم غیرجنسی قارچ همانند کم و بیش استوانه‌ای بودن کنیدیوم‌ها، قطر ریسه و سایر موارد، این گونه *Podosphaera euphorbiae* شناسایی شد. نام قبلی گونه *P. euphorbiae* (synonym)، *Sphaerotheca euphorbiae* نام داشت. این گونه قبلاً از روی *Euphorbia* sp. توسط کچوئیان‌جوادی و همکاران در سال ۲۰۰۰ از جاجرود (Kachooeian-Javadi *et al.*, 2006) و خداپرست و عباسی در سال ۲۰۰۹ از برخی شهرهای ایران (Khodaparast & Abbasi, 2009) گزارش گردیده است. گزارش این گونه برای فلور قارچ‌های استان اردبیل جدید می‌باشد.



شکل ۸- گونه *Podosphaera euphorbiae*، a و b: گیاه *Euphorbia* sp. آلوده به سفیدک پودری، c و f: کنیدیوفورها، d و g: کنیدیوم، e و h: جوانه‌زنی (مقیاس c و f: ۲۰ میکرومتر و d و g: ۱۰ میکرومتر)

Figure 8- ***Podosphaera euphorbiae*, a and b: *Euphorbia* sp. plant infected with powdery mildew, c and f: Conidiophores, d and g: Conidium, e and h: Germination (scale in c and f: 20 µm and d and g: 10 µm)**

به‌طور کلی در این تحقیق، هفت جنس و ۳۳ گونه سفیدک پودری از روی ۴۶ میزبان گیاهی شناسایی گردید. در این بین، دو جنس *Erysiphe* و *Podosphaera* به‌ترتیب با ۱۳ و نه گونه، دارای بالاترین درصد فراوانی بودند. از میان گونه‌ها، چهار میزبان جدید برای سفیدک پودری برای اولین بار از ایران و همچنین ۱۱ گونه برای اولین بار از استان اردبیل گزارش می‌شوند. با توجه به اینکه سفیدک‌های پودری در اثر خسارت مستقیم و غیرمستقیم باعث کاهش عملکرد و کاهش کیفیت محصول می‌شوند، شناسایی دقیق این قارچ ها، دامنه میزبانی و پراکنش جغرافیایی آن‌ها می‌تواند در مطالعات تنوع زیستی و همچنین راهکارهای مدیریت این عوامل بیماری‌زا مفید باشد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول ارایه شده به دانشگاه محقق اردبیلی است و بدینوسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بابت حمایت مالی از این پژوهش قدردانی می‌شود.

References

1. Abasova, L. V., Aghayeva, D. N., & Takamatsu, S. (2018). Notes on powdery mildews of the genus *Erysiphe* from Azerbaijan. *Current Research in Environmental and Applied Mycology*, *8*(1), 30-53. https://doi.org/10.5943/cream/8/1/3
2. Agrios, G. N. (2005). *Introduction to plant pathology* (5th Edition). Elsevier Academic Press, p. 494-500.
3. Amano, K. (1986). Host range and geographical distribution of powdery mildews. Faculty of Agriculture Niigata University, Niigata, Japan.
4. Assadi, M. (2019). Flora of Iran. *Iran Nature*, *4*, 29-41.
5. Assadi, M., Maassoumi, A. A., Khatamsaz, M., & Mozaffarian, V. (1988-2023). Flora of Iran. *Research Institute of Forests and Rangelands Publication*, Tehran, p. 1-152. (In Persian)
6. Bradshaw, M. J., Braun, U., & Pfister, D.H. (2022). Phylogeny and taxonomy of the genera of Erysiphaceae, part 1: *Golovinomyces*. *Mycologia*, *114*(6), 964-993. https://doi.org/10.1080/00275514.2022.2115419
7. Bradshaw, M. J., Quijada. L., Tobin, P. C., Braun, U., Newlander, C., Potterfield, T., Alford, E.R., Contreras, C., Coombes, A., & Moparthi, S. (2022a). More than just plants: Botanical gardens are an untapped source of fungal diversity. *HortScience*, *57*(10), 1289-1293. https://doi.org/10.21273/HORTSCI16755-22
8. Braun, U. (1987). A monograph of the Erysiphales (powdery mildew). Beiheft zur, *Nowa Hedwigia*, *89*, 1-700.
9. Braun, U. (1995). *The Powdery Mildews (Erysiphales) of Europe*; Gustav Fischer: Stuttgart, Germany, Spektrum Akademischer Verlag, ISBN: 3334609944.
10. Braun, U., & Cook, R.T.A. (2012). Taxonomic manual of the *Erysiphales* (powdery mildews). In CBS Biodiversity Series; *CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre*: Utrecht, The Netherlands, 11: 1-707. ISBN: 9789070351892.
11. Cook, R. T. A., & Braun, U. (2009). Conidial germination patterns in powdery mildews. *Mycological Research*, *113*(5), 616-636. https://doi.org/10.1016/j.mycres.2009.01.010
12. Cook, R. T. A., Inman A. J., & Billings, C. (1997). Identification and classification of powdery mildew anamorphs using light and scanning electron microscopy and host range data. Central Science Laboratory (MAFF), Sand Hutton, York YO4 1LZ, U.K. *Mycological Research*, *101*(8), 975-1002. https://doi.org/10.1017/S0953756297 00364X
13. Davari, M., Bagheri-Kheirabadi, M., Sharifi, K., & Khodaparast, S.A. (2015). A study on the identification of Erysiphaceae based on morphological characteristics in Ardabil province, Iran. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *4*(1), 29-40. http://jcp.modares.ac.ir/article-3-11845-en.html
14. Dunn, M. W., & Gaynor, L. G. (2020). Impact and control of powdery mildew on irrigated soybean varieties grown in Southeast Australia. *Agronomy*, *10*(4), 514. https://doi.org/10.3390/agronomy10040514
15. Ershad, D. (1971). Contribution to the knowledge of Erysiphaceae of Iran. *Iran Journal Plant Pathology*, *6*, 50-60.
16. Ershad, D. J. (2009). Fungi of Iran. Iranian Research Institute of Plant Protection, 531 pp.
17. Fuller, K.B., Alston, J.M., & Sambucci, O.S. (2014). The value of powdery mildew resistance in grapes: evidence from California. *Wine Economics and Policy*, *3*, 90-107. https://doi.org/10.1016/j.wep.2014.09.001
18. Haftlang, K. K. (2003). The Book of Iran: A Survey of the Geography of Iran. *Alhoda UK.*
19. Hoseinkhaniha, S., Khodaparast, S.A., Zarabi, M.M., & Razaz-Hashemi, S.R. (2012). Powdery mildew of tomato in Qazvin province of Iran: host range, morphological and molecular characterization. *Journal of Crop Protection*, *1*(2), 143-152. http://jcp.modares.ac.ir/article-3-11227-en.html
20. Kachooeian-Javadi, S., Abbasi, M., Riahi, H., & Mousavi, S.M. (2006). A study of the fungal flora (Erysiphales, Ustilaginales, Uredinales) of the Jajroud protected area. *Environmental Sciences*, *4*(13), 40-60.
21. Karimi, A. R., & Hajian, M. (1998). New hosts of powdery mildew in Iran. *Applied Entomogy and Phytophathology*, *66*(1and 2), 145-146. (In Persian with English abstract)
22. Khodaparast, S. A. (2007). *A monograph on Erysiphaceae from Guilan province*, Iran University of Guilan Press.
23. Khodaparast, S. A., & Abbasi, M. (2009). Species, host range and geographical distribution of powdery mildew fungi (Ascomycota: Erysiphales) in Iran, *Mycotaxon*, *108*, 213-216.

https://doi.org/10.5248/108.213

24. Khodaparast, S. A., Fathi, F., Abbasi, M., & Mirzaei, M. R. (2010). A contribution to the study of *Erysiphaceae* (Ascomycota: Erysiphales) in Iran. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, *40*(2), 69-78.
25. Khodaparast, S. A., Hedjaroude, G. H. A., Takamatsu, S., & Braun, U. (2002). Three new species of the genus *Leveillula* from Iran. *Mycoscience*, *43*, 459-462.
26. Khodaparast, S. A., Niinomi, S., & Takamatsu, S. (2007). Molecular and morphological characterization of *Leveillula* (Ascomycota: Erysiphales) on monocotyledonous plants. *Mycological Research*, *111*(6), 673-679.
27. Matsuda, Y., Sameshima, T., Moriura, N., Inoue, K., & Nonomura, T. (2005). Identification of individual powdery mildew fungi infecting leaves and direct detection of gene expression by single conidium polymerase chain reaction. *Phytopathology*, *95*, 1137-1143. https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-1137
28. McNeill, J., Barrie, F. R., Buck, W. R., Demoulin, V., Greuter, W., Hawksworth, D.L., Herendeen, P.S., Knapp, S., Marhold, K., Prado, J., Prud'homme Van Reine, W.F., Smith, G. F., Wiersema, J. H., & Turland, N.J. (eds). (2012). International Code of Nomenclature for algae, fungi and plants (Melbourne Code) adopted by the Eighteenth International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011. Regnum Vegetabile, 154. *Koeltz Scientific Books*, Germany.
29. Mori, Y., Sato, Y., & Takamatsu, S. (2000). Evolutionary analysis of the powdery mildew fungi using nucleotide sequences of the nuclear ribosomal DNA. *Mycological Research*, *92*, 74-93. https://doi.org/10.1080/00275514.2000.12061132.
30. Nagy, G. S., & Kiss, L. (2006). A check-list of powdery mildew fungi of Hungary. Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences, H-1525 Budapest, P.O. Box 102, Hungar. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, *41*(1-2), 79-91. https://doi.org/10.1556/APhyt.41.2006.1-2.9
31. Nicholson, R. L., Yoshioka, H., Yamaoka, N., & Kunoh, H. (1988). Preparation of the infection court by *Erysiphe graminis*. Release of esterase enzyme from conidia in response to a contact stimulus, *Experimental Mycology*, *12*, 336-349. https://doi.org/10.1016/0147-5975(88)90025-4
32. Pirnia, M., Khodaparast, S. A., & Abbasi, M. (2007). Study on the genus *Phyllactinia* (Erysiphaceae) in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, *43*(4), 445-464.
33. Rechinger, K. H. (1963-2015). Flora Iranica. *Akademische Druck-u, Verlagsanstalt*, Graz, p. 1-181.
34. Salmon, E.S. (1900). A Monograph of the Erysiphaceae. *New York: Torrey Botanical Club*, 9. (Memoirs of the Torrey Botanical Club; 9)
35. Samadi, S., Abbasi, M., & Esmaeilzadeh-Hosseini, S.A. (2010). Identification of fungi in Yazd Province (Powdery Mildews, Rusts and Smuts). *Andishmandan-e Yazd*, Yazd, Iran, 184 pp. https://www.researchgate.net/publication/235225639.
36. Sharifi, K. (2012). Taxonomy of anamorphic genus *Oidium* in Guilan Province. M.Sc. thesis and faculty of agricultural sciences, Gilan University.
37. Sharifi, K. (2021). Morphological and phylogenetic study of ornamental and landscape plants powdery mildew in Isfahan, Chaharmahal and Bakhtiari, Markazi and Lorestan provinces. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Lorestan University.
38. Sharifi, K., Khodaparast, S. A., & Mousanejzhad, S. (2013). A contribution to the knowledge of taxonomy and identification of anamorphic genus *Oidium* in Guilan province, Iran. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, *44*(1), 1-13. https://doi.org/10.22059/IJPPS.2013.35618
39. Shin, H. D. (2000). Erysiphaceae of Korea. *Plant Pathogens of Korea*, *1*, 1-320.
40. Shin, H. D., & La, Y. J. (1993). Morphology of edge lines of chained immature conidia on conidiophores in powdery mildew fungi and their taxonomic significance. *Mycotaxon*, *46*, 445-451.
41. Shin, H. D., & Zheng, R. Y. (1998). Anamorphic morphology of *Uncinula* and allied genera (I). *Mycotaxon*, *66*, 243-266.
42. Tajik-Ghanbary, M. A., Hedjaroude, G. H. A., Ershad, D., Termeh, F., & Mousavi, M. (2005). Identification of fungi belonging to Erysiphaceae in Golestan National Park. *Khazar Agricultural and Bioresource Research*, *4*, 63-71.
43. Takamatsu, S. (2004). Phylogeny and evolution of the powdery mildew fungi (Erysiphales, Ascomycota) inferred from nuclear ribosomal DNA sequences. *Mycoscience*, *45*, 147-157. https://doi.org/10.1007/s10267-003-0159-3
44. Tavanaei, G. H., Fazlali, Y., & Khodaparast, S.A. (2005). Introduction of the fungi causing powdery mildews on Oak trees in Arasbaran forests. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, *3*(1),

69-83.

45. Tavanaei, G. H., Peighami, E., & Ershad, D. (2001). *Uncinula celtidis*, a new record to Iran. *Journal Plant Pathology*, *37*(3 and 4), 323-324. (In Persian with English abstract)
46. Vaghefi, N., Kusch, S., Németh, M. Z., Seress, D., Braun, U., Takamatsu, S., Panstruga, R., & Kiss, L. (2022). Beyond nuclear Ribosomal DNA sequences: Evolution, taxonomy, and closest known saprobic relatives of powdery mildew fungi (Erysiphaceae) inferred from their first comprehensive genome-scale phylogenetic analyses. *Fronties in Microbiology*, *13*, 903024. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.903024
47. Wijayawardene, N. N., Hyde, K. D., Al-Ani, L. K. T., Tedersoo, L., & Haelewaters, D. (2020). Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere*, *11*(1), 1060-1456. https://doi.org/10.5943/mycosphere/11/1/8